

**SINERGISME ANTARA NEMATODA PATOGEN SERANGGA *Steinernema* sp.
DAN MINYAK BIJI JARAK PAGAR (*Jatropha curcas* L.)
TERHADAP MORTALITAS DAN EFEK LANJUTAN
LARVA *Spodoptera litura* F.**

***Sinergism between Entomopathogenic Nematodes *Steinernema* sp. and Physic Nut Oil (*Jatropha curcas* L.) against Mortality and Continuous Effect of
Spodoptera litura F. Larvae***

TUKIMIN¹⁾, ELNA KARMAWATI²⁾, dan HERI PRABOWO¹⁾

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jalan Raya Karangploso KM. 4, Kotak Pos 199, Malang 65152

²⁾ Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan
Jalan Tentara Pelajar No. 1, Bogor 16111

e-mail: tukimin_suryawitono@yahoo.co.id

(Diterima: 29-1-2014; Direvisi: 23-6-2014; Disetujui: 14-5-2014)

ABSTRAK

Penggunaan insektisida kimia untuk pengendalian serangga menimbulkan dampak negatif. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian hama yang ramah lingkungan. Nematoda patogen serangga dan pestisida nabati minyak biji jarak pagar (MBJP) memiliki peluang untuk dikembangkan sebagai agensia pengendali *Spodoptera litura* F. Tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi efek kombinasi antara nematoda patogen serangga *Steinernema* sp. dan pestisida nabati MBJP terhadap mortalitas dan efek lanjutan larva *S. litura*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Entomologi, Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat pada bulan Maret sampai Juni 2012, menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) pola faktorial dengan 4 ulangan. Perlakuan konsentrasi MBJP yang digunakan adalah 2,5 ; 5 ; 10 dan 20 ml/l, kontrol air, serta kontrol air + 1 g deterjen. Konsentrasi *Steinernema* sp. adalah 0, 200, 400, dan 800 JI (juvenil infeksiif)/ml. Nematoda *Steinernema* sp. dimasukkan ke dalam larutan pada saat aplikasi larva *S. litura* sebanyak 25 larva instar dua tiap perlakuan. Jumlah larva yang mati diamati pada 24, 48, 72, 96, dan 120 jam setelah penyemprotan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi antara MBJP dan *Steinernema* sp. yang menghasilkan mortalitas larva *S. litura* tertinggi adalah 10 ml/l dan 400 JI/l atau 2,5 ml/l dan 800 JI/l. Efek lanjut MBJP mengakibatkan kerusakan pada fase prapupa dan pupa, yaitu menjadi cacat serta penurunan jumlah telur dan kemampuan telur menetas. Kenaikan konsentrasi MBJP dari 2,5 ke 20 ml/l mengakibatkan penurunan kemampuan penetasan telur dari 76,29 menjadi 32,37%.

Kata kunci: *Steinernema* sp., *Jatropha curcas*, *Spodoptera litura*

ABSTRACT

The use of chemical insecticides to control pests causes various negative impacts. Thus, environmentally friendly methods of control are much in need recently. The combination of entomopathogenic nematodes and botanical insecticides based on physic nut oil (PNO) has opened up new possibilities of promising control methods against *Spodoptera litura* F. The objective of the study was to evaluate the combination effect between botanical insecticides PNO and the entomopathogenic nematode *Steinernema* sp. on *S. litura*. The research was conducted at the laboratory

of Entomology Indonesian Sweetener and Fiber Crops Research Institute from March to June 2012. The treatments were arranged in a completely randomized block design (CRBD) with factorial pattern, replicated four times. The concentrations of PNO were 2.5; 5; 10, and 20 ml/l, control water and control water + 1 g detergent. Concentration of *Steinernema* sp. were 0,200, 400, and 800 IJ (infective juvenile)/ml. Nematodes were added simultaneously after application of PNO. Insect larvae were exposed to various concentrations of *Steinernema* sp. and PNO. Numbers of dead larvae were observed at 24, 48, 72, 96, 120 hours after spraying. The result showed that the concentration combination between PNO and nematode which resulted maximum larvae mortality is 10 ml/l and 400 IJ/ml or 2.5 ml/l and 800 IJ/ml. The impacts of PNO were disabled prepupa and pupa, decrease of eggs number and hatching ability. The increase of concentration used from 2.5 to 20 ml/l resulted the decreased of hatching from 76.29 to 36.37%.

Key words: *Steinernema* sp., *Jatropha curcas*, *Spodoptera litura*

PENDAHULUAN

Tindakan pengendalian hama yang masih dilakukan oleh sebagian petani adalah penyemprotan dengan insektisida kimia, yang memungkinkan timbulnya berbagai masalah, seperti terjadinya resistensi hama, resurgensi, keracunan pada manusia, dan pencemaran terhadap lingkungan (DHALI WAL *et al.* 2004; NAS, 2004). Pembangunan pertanian bertujuan mengendalikan hama dan penyakit sehingga tidak merusak tanaman tanpa mengganggu keseimbangan alam. Tujuan tersebut membuka peluang untuk mencari alternatif yang lebih baik sebagai pengganti insektisida kimia dengan menggunakan bahan dari tanaman/botani dan patogen serangga sebagai pengendali hama yang ramah lingkungan (CHONGCHITMATEI *et al.*, 2005; FALEIRO, 2006; LAZAROVITS *et al.*, 2007; DUBEY *et al.*, 2010). Patogen

serangga seperti dari jenis bakteri, jamur, dan nematoda dilaporkan dapat digunakan untuk pengendalian beberapa serangga hama (KAYA dan VEGA, 2012).

Steinernema sp. banyak dijumpai secara alami di dalam tanah sehingga mudah diisolasi (SALEH dan ALHEJI, 2003; GRIFFIN *et al.*, 2005). Keberadaan bakteri simbiosis yang ada di dalam intestinum nematoda bersifat saling menguntungkan antara nematoda dan bakteri (DOWDS dan PETERS, 2002; DAVID *et al.*, 2012). Nematoda entomopatogen mendapatkan nutrisi dari hasil penguraian makanan oleh bakteri dan bakteri mempunyai tempat untuk berkembang hidup (HAZIR *et al.*, 2003; JOYCE *et al.*, 2006; GAUGLER, 2007).

Saat ini, penggunaan pestisida botani semakin marak, misalnya biji dari tanaman jarak pagar yang diambil minyaknya (disebut dengan minyak biji jarak pagar/MBJP), dapat digunakan sebagai bahan baku insektisida, fungisida, dan moluskisida botani. Di bidang kedokteran, biji jarak pagar telah diteliti sebagai obat antikanker. Kandungan kimia jarak pagar adalah hidrokarbon/stereo ester, *trycycerol*, asam lemak bebas, *diacylglycerol*, sterol, *monoacylglycerol*, dan polar lipid (OHAZURIKE *et al.*, 2003).

Pemanfaatan MBJP sebagai insektisida botani telah diteliti di beberapa negara maju maupun berkembang, seperti China, Philipina, Amerika Serikat, Thailand, India, dan Singapura. MBJP ternyata efektif mengendalikan hama jati (*Hyblaea pueria* Cramer), gudang, jagung, dan ulat sutera (OHAZURIKE *et al.*, 2003; JING *et al.*, 2005; ARNUBIO *et al.*, 2006; JAVAREGOWDA dan NAIK, 2007). Hasil penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa kursin dan phorbol ester dari beberapa aksesori jarak pagar terbukti memiliki efektivitas tinggi terhadap mortalitas hama *Helicoverpa armigera* (Hubn.) *Spodoptera litura* F., *Crociodomia binotalis*, dan *Achaea janata* L. (TUKIMIN dan SOETOPO, 2009; TUKIMIN, SOETOPO dan KARMAWATI, 2010).

Komposisi kandungan bahan aktif dalam jarak pagar berbeda, tergantung pada varietas, klon, dan strain/lokasi (SOETOPO, 2007). Bahan aktif dalam jarak pagar tersebut (phorbol ester), merupakan suatu senyawa yang memiliki mekanisme kerja menyerupai hormon juvenil yang mempengaruhi pergantian kulit serangga (MARTINEZ *et al.*, 2006).

Steinernema sp. dan MBJP memiliki keunggulan masing-masing. Belum ada penelitian mengenai sinergisme antara kedua bahan tersebut sebagai agensi pengendali hama. Kombinasi antara kedua bahan tersebut diharapkan dapat memberikan solusi sebagai alternatif insektisida yang efektif dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kompatibilitas dan sinergisme antara nematoda *Steinernema* sp. dengan MBJP terhadap mortalitas dan efek lanjutan *S. litura*, hama utama kapas dan jarak kepyar.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Entomologi, Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang pada

bulan Maret sampai dengan bulan Juni 2012. MBJP yang digunakan berasal dari aksesori Jatim 45 yang mengandung phorbol ester 4,39 µg/ml dan kursin 23,6 µg/ml. Perlakuan disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan pola faktorial menggunakan 4 ulangan. Konsentrasi MBJP yang digunakan adalah 2,5; 5,0; 10,0; dan 20,0 ml/l air, yang kemudian disebut sebagai faktor I. Faktor ini kemudian dikombinasikan dengan konsentrasi *Steinernema* sp. sebagai faktor II, yaitu 0, 200, 400 dan 800 JI/ml. Selain 16 kombinasi perlakuan tersebut, ada dua perlakuan ditambahkan sebagai kontrol, yaitu kontrol air dan kontrol air + 1 g deterjen. Deterjen digunakan sebagai pengemulsi untuk semua perlakuan sehingga seluruhnya menjadi 18 perlakuan.

Steinernema sp. pada stadia infeksi (disebut dengan *Juvenile Infective/JI*) yang digunakan adalah hasil perbanyakan pada larva *Tenobrio molitor*. Larva *S. litura* yang digunakan adalah instar dua hasil perbanyakan/*rearing* dari tanaman jarak kepyar di Kebun Percobaan Karangploso. Sebagai media perlakuan digunakan daun jarak kepyar yang diletakkan ke dalam cawan petri berdiameter 12 cm yang dialasi kertas saring basah untuk menjaga kelembaban daun. Setiap cawan petri dimasukkan larva instar dua sebanyak 25 ekor tiap perlakuan. Penyempitan secara kontak antara larva dan daun jarak kepyar dalam cawan petri dilakukan dengan menggunakan Mikrosprayer Model BD Air Brush DB 132 diameter nosel 0,2 mm WP 330 F. Parameter yang diamati adalah mortalitas *S. litura* setiap 24 jam sampai 120 jam setelah aplikasi (JSA). Penentuan interaksi antara agen-agen yang dicampur, dibandingkan antara mortalitas kenyataan dengan mortalitas harapan. Mortalitas kenyataan adalah mortalitas larva hasil pengamatan langsung pada perlakuan campuran, sedangkan mortalitas harapan merupakan respon interaksi. Parameter mortalitas dianalisis dengan *Chi Square Test* berdasarkan metode FARENHORST *et al.* (2010):

$$Me = Mn + Mi \left(1 - \frac{Mn}{100} \right)$$

Keterangan:

Me = Mortalitas harapan

Mi = Mortalitas yang diakibatkan oleh insektisida MBJP

Mn = Mortalitas yang diakibatkan oleh nematode *Steinernema* sp.

Jika $Me > Mn$, maka kombinasi insektisida nabati dengan nematode entomopatogen saling mendukung (sinergis), dan nilai $X^2 > 3,84$.

Jika $Me < Mn$, maka kombinasi insektisida nabati dengan nematode entomopatogen bertolak belakang (antagonis), dan nilai $X^2 < 3,84$.

Jika $Me = Mn$, maka kombinasi insektisida nabati dengan nematode entomopatogen tidak ada respon artinya hanya yang berpengaruh salah satu bahan saja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interaksi antara MBJP, *Steinernema* sp., dan waktu pengamatan terhadap mortalitas *S. litura* ditunjukkan oleh nilai F hitung, artinya pada setiap waktu pengamatan kombinasi antara MBJP dan serangan *Steinernema* sp. menghasilkan data mortalitas yang berbeda dan saling menguatkan. Tabel 1 memperlihatkan data mortalitas yang tidak berbeda antara kontrol air dan kontrol air + 1 g deterjen sampai dengan 120 JSA. Pada 24 JSA mortalitas larva *S. litura* terlihat pada seluruh perlakuan, baik dengan MBJP maupun kombinasi dengan *Steinernema* sp. Makin tinggi konsentrasi perlakuan makin tinggi rata-rata mortalitas *S. litura*. Gejala munculnya nematoda telah masuk ke tubuh inangnya sudah terlihat sejak 24 JSA. Hal ini ditunjukkan oleh perubahan warna yang terjadi di tubuh larva, yaitu menjadi kecoklatan/karamel. Nematoda patogen serangga, seperti *Xenorhabdus* sp., masuk ke tubuh inangnya dengan cara alami, yaitu melalui lubang mulut, anus, dan spirakel (FALEIRO, 2006; DAVID *et al.*, 2012; LAZAROVITS *et al.*, 2007).

Pada 48 dan 72 JSA, mortalitas larva *S. litura* meningkat pada semua taraf kombinasi konsentrasi. Namun, kenaikannya berbeda pada tiap-tiap kombinasi. Sebagai contoh, MBJP 5 ml/l menunjukkan tingkat mortalitas 22,67% bila dikombinasikan dengan

Steinernema sp. 200 JI/l. Namun, apabila konsentrasi *Steinernema* sp. dinaikkan menjadi 400 JI/ml tingkat mortalitas *S. litura* menjadi 38,67%. Hasil yang berbeda terjadi pada konsentrasi 200 JI/ml *Steinernema* sp. Kenaikan konsentrasi MBJP dari 2,5 ke 20 ml tidak menaikkan tingkat mortalitas (walaupun nilai berkisar 29,0 sampai 37,3%, namun secara statistik tidak berbeda nyata).

Tingkat mortalitas akan menentukan kombinasi konsentrasi yang terpilih. MBJP diharapkan sebagai racun awal yang masuk dalam saluran pencernaan sehingga larva mengalami gangguan syaraf dan mulai tidak nafsu makan. Hasil yang sama dihasilkan pada penelitian TUKIMIN dan SOETOPO (2009) serta TUKIMIN dan KARMAWATI (2012), yang menyebutkan bahwa senyawa phorbol ester yang terdapat dalam MBJP terakumulasi dalam usus dan menghambat proses dalam pencernaan sehingga tidak melakukan kegiatan makan. Pada kondisi tubuh melemah, nematoda berpeluang menyerang larva dan kombinasi keduanya menyebabkan larva mati. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh SMART (1995); INDRIYANI dan GOTHAMA (2005); MAHAR *et al.* (2008); dan THALER *et al.* (1998), yang menyebutkan bahwa terjadinya simbiosis mutualisme antara *Steinernema* sp. dan *Xenorhabdus* sp. yang mengakibatkan serangga inang mati setelah 24 sampai 27 JSA.

Tabel 1. Rata-rata mortalitas larva *S. litura* (%) akibat perlakuan kombinasi minyak biji jarak pagar (MBJP) dan *Steinernema* sp.

Table 1. Average of *S. litura* larvae mortality (%) caused by compability of physic nut oil (PNO) and *Steinernema* sp.

Perlakuan/ <i>Treatments</i>		Jam Setelah Aplikasi/ <i>Hours After Application</i>									
MBJP	<i>Steinernema</i> sp.	24		48		72		96		120	
<i>PNO</i> (ml/l)	(JI/l)										
Air/water		9,33	cd	9,33	c	9,33	d	9,33	d	9,33	d
Air + 1 g deterjen	0	8,00	cd	8,00	c	8,00	d	8,00	d	8,00	d
Water + 1 g detergent											
2,5	200	20,00	abc	29,00	dc	44,00	c	52,00	c	58,67	c
5		4,00	d	22,67	dc	38,67	c	53,33	c	62,67	c
10		8,00	cd	26,67	dc	40,00	c	54,67	c	66,67	c
20		29,33	a	37,33	dc	64,00	ab	78,00	b	90,00	a
2,5	400	14,67	bcd	32,00	dc	41,33	bc	62,67	c	80,00	b
5		21,33	abc	38,67	abc	49,33	bc	62,67	c	78,67	b
10		28,00	a	48,00	a	65,33	abc	86,00	ab	90,00	a
20		30,67	a	40,00	abc	66,67	abc	82,00	ab	92,00	a
2,5	800	33,33	a	52,00	a	65,33	abc	80,00	ab	94,00	a
5		29,33	a	45,33	ab	57,33	bc	83,33	ab	90,00	a
10		24,00	ab	44,00	ab	74,60	ab	92,00	a	90,00	a
20		32,00	a	52,00	a	90,00	a	90,00	ab	90,00	a
KK/CV (%)		19,42		17,48		11,95		12,67		08,05	

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan.

Note: Number followed by the same letter in the same coloum are not significantly different DMRT.

Pada 96 JSA, tingkat mortalitas larva terus bertambah, bahkan mencapai 90% pada 120 JSA. Dari Tabel 1 tersebut terlihat bahwa peningkatan konsentrasi MBJP dari 10 ke 20 ml/l yang dikombinasikan dengan 400 JI/ml tidak lagi meningkatkan mortalitas larva, begitu pula dari MBJP 2,5 ml/l ke konsentrasi yang lebih tinggi, apabila dikombinasikan dengan 800 JI. Oleh sebab itu, pilihan kombinasi yang optimum hanya dua, yaitu 10 ml/l MBJP + 400 JI/l atau 2,5 ml/l MBJP + 800 JI/l. JI merupakan fase nematoda yang aktif dan telah masuk ke tubuh inang menyebabkan kerusakan jaringan tubuh inang. JI ini dihasilkan dari dua sampai tiga generasi sebelumnya (AGUILLERA dan SMART, 1993). Insektisida nabati, dalam hal ini MBJP, berperan melemahkan serangan inang sehingga lebih rentan terhadap serangan nematoda.

Sinergisme Minyak Biji Jarak Pagar (MBJP) dengan *Steinernema* sp.

Tabel 2 menunjukkan bahwa 9 dari 12 kombinasi mempunyai respon sinergis. Sebanyak 75% dari perlakuan kombinasi insektisida MBJP dan *Steinernema* sp. bekerja sama/kompatibel dalam membunuh larva *S. litura*. Akan tetapi, ada konsentrasi yang bersifat antagonis, yaitu pada perlakuan konsentrasi 2,5 dan 5 ml/l MBJP. Hal ini ditunjukkan dengan nilai observasi yang lebih rendah, yaitu 10%, dibanding nilai mortalitas harapan, walaupun ada peningkatan mortalitas dengan kombinasi *Steinernema* sp. 200, 400, hingga 800 JI/ml.

Tabel 2. Sinergitas antara minyak biji jarak pagar (MBJP) dengan *Steinernema* sp.
Table 2. *Sinergism of physic nut oil (PNO) and Steinernema* sp.

MBJP PNO (ml/l)	Juvenil infektif <i>Infective Juvenile</i> (JI/ml)	Mortalitas/Mortality (%)		X ²	Tanggapan <i>Response</i>
		kenyataan <i>observed</i>	harapan <i>expected</i>		
Air/water		9,33	-	-	
Air + 1 g deterjen		13,33	-	-	
Water + 1 g detergent					
2,5	0	22,66	-	-	
5		14,66	-	-	
10		20,00	-	-	
20		36,00	-	-	
2,5	200	44,00	36,07	13,60	++
	400	41,33	52,56	10,49	-
	800	65,33	68,03	13,56	-
5	200	38,66	29,45	13,60	++
	400	49,33	47,66	12,89	++
	800	57,33	64,72	12,66	-
10	200	40,00	33,86	12,77	++
	400	65,33	50,93	17,58	++
	800	74,66	66,93	17,02	++
20	200	64,00	47,09	18,50	++
	400	66,66	60,74	14,68	++
	800	93,33	73,54	21,50	++

Keterangan : +aditif, - antagonis, ++ sinergis
Note: +aditif, - antagonist, ++ synergistic

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa entomopatogen *Steinernema* sp. dapat bertahan hidup pada larutan MBJP lebih dari 120 jam, dan toleran pada kondisi yang mengandung bahan racun dari MBJP. Mahmoud (2007) melaporkan bahwa nematoda entomopatogen toleran terhadap banyak jenis insektisida, namun sensitif terhadap insektisida dan nematisida tertentu.

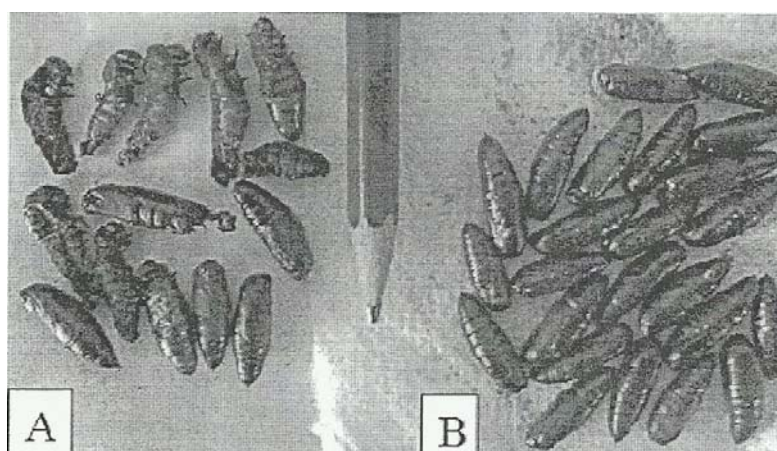
Pada tubuh larva *S. litura* yang mati juga ditemukan nematoda *Steinernema* sp. Hal ini menunjukkan bahwa

kombinasi bahan yang diuji merupakan bioinsektisida yang kompatibel, yang dapat mengakibatkan mortalitas larva *S. litura*. Interaksi sinergis juga ditunjukkan antara insektisida sistemik imidakloprid dengan *Steinernema* sp. dalam membunuh larva kumbang (*Scarabidae*). Dalam berbagai pengujian, *Steinernema* sp. mampu bertahan hidup, tetap infektif, dan sinergis dalam berbagai macam larutan insektisida dan fungisida (KAYA *et al.*, 2000; RADOVA, 2010).

Dampak Minyak Biji Jarak Pagar terhadap Berat Prepupa, Pupa, Jumlah Telur, dan Persentase Telur Tetas *S. litura*

Dampak lanjutan terhadap *S. litura* hanya terlihat pada perlakuan bioinsektisida MBJP karena semua larva pada perlakuan konsentrasi MBJP dengan penambahan

Steinernema sp. tidak mampu mencapai fase prepupa. Sebelum mencapai tahap prepupa, larva telah mati dan hancur akibat serangan ganda dari racun MBJP dan *Steinernema* sp.



Gambar 1. Perbandingan pupa abnormal (A) dan pupa normal (B)
Figure 1. Comparison between abnormal (A) and normal pupae (B)

Berat Prepupa dan Pupa

Selain menyebabkan mortalitas, bioinsektisida yang diuji juga memberikan efek lanjutan yaitu mempengaruhi berat prepupa dan pupa *S. litura* (Tabel 3).

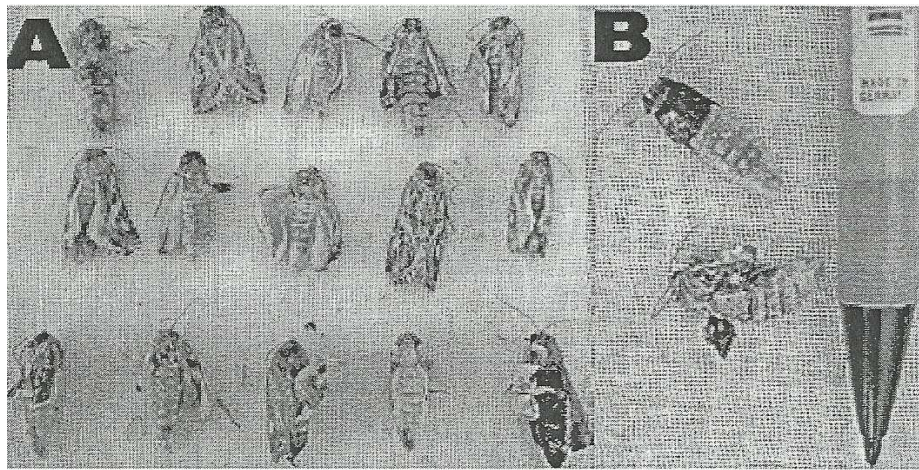
Tabel 3. Rata-rata berat prepupa, pupa (gram) dan peneluran *S. litura*

Table 3. Average of prepupae and pupa weight (g) and fertility of *S. Litura*

Konsentrasi MBJP Concentration MBJP (ml/l)	Berat larva Weight of larvae (g)	Berat pupa Weight of pupae (g)	Jumlah telur (butir) Total of eggs	Telur yang menetas Egg hatch (ekor)	Penetasan Egg hatch (%)
Kontrol air/Control (water)	0,83	0,70	1444	1240	85,87
Kontrol air + 1 g deterjen Control (water) + 1 g detergent	0,62	0,57	1350	1221	90,44
2,5	0,56	0,50	1101	840	76,29
5	0,44	0,40	900	442	49,11
10	0,34	0,30	766	378	49,34
20	0,33	0,26	312	101	32,37

Dari Tabel 3 di atas menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi MBJP, makin besar penurunan berat

pada fase prepupa dan pupa. Hal ini disebabkan pengaruh bahan aktif MBJP yang masuk dalam tubuh serangga.



Gambar 2. Imago *S. litura* cacat (A) dan (B)
Figure 2. Malformation imagoes (A) and (B)

Gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa banyak prepupa yang gagal menjadi pupa, sedangkan yang lolos mengakibatkan pupa cacat atau abnormal karena adanya pengaruh phorbol ester dan kursin yang mengganggu metabolisme larva. Pupa-pupa abnormal tidak mampu menjadi imago karena sebagian dari bagian tubuh pada fase larva masih tertinggal di bagian kepala dan kaki, bagian tubuh tidak tertutupi skleritin dengan sempurna.

Peneluran dan Persentase Tetas

Dampak lain dari pemberian MBJP terhadap *S. litura* adalah dapat mempengaruhi jumlah telur dan persentase telur tetas. Pada perlakuan MBJP 5 ml/l, jumlah telur yang dihasilkan menurun hingga 900 butir dan kemampuan tetas 49,11% sedangkan perlakuan 20 ml/l jumlah telur yang dihasilkan 312 butir dan kemampuan tetas 32,37% (Tabel 3). Kandungan bahan aktif MBJP mempengaruhi fungsi sel neurosekretori yang bertanggung jawab terhadap perkembangan oosit dan mengganggu saluran ovarium dan alat peletak telur pada serangga (ovipositor) sehingga dapat mempengaruhi ovipositor saat peletakan telur. Kandungan kimia yang diketahui toksik berpengaruh sebagai anti oviposisi dan ovisidal pada serangga, yaitu asam lemak triasilgliserol dan asam pentasiklik triterpen (TUKIMIN dan SOETOPO, 2009).

KESIMPULAN

Kombinasi konsentrasi MBJP dan *Steinernema* sp. yang menghasilkan mortalitas larva *S. litura* tertinggi adalah 10 ml/l dan 400 JI/ml atau 2,5 ml/l dan 800 JI/ml. Efek lanjut MBJP mengakibatkan kerusakan pada fase prepupa dan pupa, yaitu menjadi cacat, serta menurunkan jumlah telur dan kemampuan telur menetas. Kenaikan konsentrasi MBJP dari 2,5 ke 20 ml/l mengakibatkan penurunan kemampuan penetasan telur dari 76,29 menjadi 32,37%.

DAFTAR PUSTAKA

- AGUILLERA, M.M. and G.C. SMART Jr. 1993. Development, reproduction, and pathogenicity of *Steinernema scapterisci* in monoxenic culture with different species of bacteria. *J. Invertebr. Pathol.* 62: 289-294.
- ARNUBIO, V.J., B. FREROT, H. GUENEGO, D.F. MUNERA, M.F. GROSSI DE SA, and C. PAUL-ANDRE. 2006. Effect of *Jatropha gossypifolia* leaf extracts on three Lepidoptera species. *Revista Columbiana de Entomologia*. 32(1). CHONGCHITMATEI, P., V. SOMSOOK, P. HORMCHAN, and N. VISARATHANONTH. 2005. Bionomics of entomopathogenic nematode *Steinernema siamkayai* Stock, Somsook and Reid (n. sp.) and its efficacy against *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*. 39: 431-439.
- DAVID, I., S. ILAN, R. HAN, and C. DOLINKSI. 2012. Entomopathogenic nematode production and application technology. *Journal of Nematology*. 44(2): 206-217.
- DHALIWAL, G.S., O. KOUL and R. ARORA. 2004. Integrated Pest Management: Restrospect and Propect. *Dalam: Koul, O., G.S. Dhaliwal, and G.W. Cuperus* (eds). Integrated Pest Management Potentials, Constraints, and Challenges. London: CAB International. UK. p. 1.
- DOWDS, B.C.A. and A. PETERS. 2002. Virulence Mechanisms. *Dalam: Gaugler, R.* (ed), Entomopathogenic Nematology. New York: CABI. p 79-98.
- DUBEY, N.K., R. SHUKLA, A. KUMAR, P. SINGH, and B. PRAKASH. 2010. Prospects of botanical pesticides in sustainable agriculture. *Current Science*. 98: 479-480.
- FALEIRO, J.R. 2006. A review of the issues and management of the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Rhynchophoridae) in coconut and date

- palm during the last one hundred years. *Int. J. Trop. Insect Sci.* 26: 135-154.
- FARENHORST, M., K. NOLS. B.G.J., M.B. THOMAS, A.F.V. HOWARD, W. TAKKEN, M. ROWLAND, and N.R. GUESSAN. 2010. Synergy in efficacy of fungal entomopathogens and permethrin against West African insecticide resistant *Anopheles gambiae* mosquitoes. *Plos One*. 5(8): 2081.
- GAUGLER, R. 2007. Nematodes (Rhabditida: Steinernematidae & Heterorhabditidae). <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/pathogens/nematodes.html>. [diunduh Tgl. 23 Maret 2012].
- GRIFFIN, C.T., N.E. BOEMARE, and E.E. LEWIS. 2005. Biology and Behaviour. *Dalam*: Greval, P.S., R.U. Ehlers, and D.I. Shapiro-Ilan (eds). Nematodes as Biocontrol Agents. CABI Publishing. p 47-64.
- HAZIR, S., H.K. KAYA, S.P. STOCK, and N. KESKUN. 2003. Entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for biological control of soil pests. *Turk. J. Biol.* 27: 181-202.
- INDRAYANI, I.G.A.A. dan A.A.A. GOTHAMA. 2005. Efektivitas nematoda entomopatogen *Steinernema* sp. pada hama utama beberapa tanaman perkebunan dan hortikultura. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri*. 11(2): 60-66.
- JAVAREGOWDA and I.K. NAIK. 2007. Antifeedant properties of tree born oil seeds (TBO'S) against teak defoliator *Hyblaea puera* Cramer. *Karnataka J. Agric. Sci.* 20(1): 183-184.
- JING, L., Y. FANG, X. YING, H. WENXING, X. MENG, M.N. SYED, and C. FANG. 2005. Toxic impact of ingested Jatropherol – I on selected enzymatic activities and the ultrastructure of midgut cells in silkworm, *Bombyx mori* L. *Journal Applied Entomology*. 129(2): 98-104.
- JOYCE, S.A., R.J. WATSON, and D.J. CLARKE. 2006. The regulation of pathogenicity and mutualism in *Photorhabdus*. *Curr. Opin. Microbiol.* 9: 1-6.
- KAYA, H.K. and F.E. VEGA. 2012. Scope and Basic Principles of Insect Pathology. *Dalam*: Kaya, H.K. and F.E. Vega (eds). *Insect Pathology*. Academic Press. UK. p. 1-11.
- LAZAROVITS, G., M.S. GEOTTEL, and C. VINCENT. 2007. Adventures in Biocontrol. *Dalam*: Vincent, C., M.S. Goettel, and G. Lazarovits. (eds.). *Biological Control: A Global Perspective*. London: CAB International. UK. p. 2.
- MAHAR, A.N., N.D. JAN, G.M. MAHAR, and A.Q. MAHAR. 2008. Control of insects with entomopathogenic bacterium *Xenorhabdus nematophila* and its toxic secretions. *Int. J. Agri. Biol.* 10: 52-56.
- MAHMOUD, M.F. 2007. Combining the botanical insecticides NSK extract, NeemAzal T 5%, Neemix 4.5%, and the Entomopathogenic Nematode *Steinernema feltiae* Cross N 33 to control the peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saunders). *Plant Protect. Sci.* 43(1): 19-25.
- MARTINEZ, H.J., P. SIDDHURAJU, G. FRANCIS, G. DAVILA-ORTIZ, and K. BECKER. 2006. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and affect of different treatment on their levels, on four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *Food Chemistry*. 96: 80-89.
- NAS, M.N. 2004. In vitro studies on some natural beverages as botanical pesticides against *Erwinia amylovora* and *Curobacterium flaccumfaciensis* subsp. *Poinsettiae*. *Turk. J. Agric.* 28: 57-61.
- OHAZURIKE, N.C., M.O. OMUH, and E.O. EMERIBE. 2003. The use of seed extract of the physic nut (*Jatropha curcas* L.) in the control of maize weevil (*Sitophilus zeamais* M.) in stored maize grains (*Zea mays* L.) *Global Journal of Agricultural Sciences*. 5(2): 86-88.
- RADOVA, S. 2010. Effect of selected pesticides on the vitality and virulence of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae). *Plant Protect. Sci.* 46: 83-88.
- SALEH, M.M.E. and M. ALHEJI. 2003. Biological control of red palm weevil with entomopathogenic nematodes in the eastern province of Saudi Arabia. *Egypt J. Biol. Pest Control*. 13: 55-59.
- SMART, G.C. 1995. Entomopathogenic nematodes for the biological control of insects. Supplement to the *Journal of Nematology*. 27(4S): 529-534.
- SOETOPO, D. 2007. Potensi jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) sebagai bahan pestisida nabati. *Prosiding Lokakarya Nasional Jarak Pagar III*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. hlm. 290-293.
- THALER, J.O., B. DUVIC, A. GIVAUDAN, and N. BOEMARE. 1998. Isolation and entomotoxic properties of the *Xenorhabdus nematophilus* F1 lecithinase. *Appl. Environ. Microbiol.* 64: 2367-2373.
- TUKIMIN dan D. SOETOPO. 2009. Studi minyak dari dua aksesori jarak pagar sebagai bioinsektisida untuk mengendalikan larva *Achaea janata* L. *Prosiding Lokakarya Nasional V*. Inovasi Teknologi dan Cluster Pioneer Menuju DME Berbasis Jarak Pagar. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat. Malang. hlm. 197-201.
- TUKIMIN, D. SOETOPO, dan E. KARMAWATI. 2010. Pengaruh minyak jarak pagar (*Jatropha curcas* LINN.) terhadap mortalitas, berat pupa, dan penetiran hama jarak kepyar *Achaea janata* L. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. 16(4): 159-164.
- TUKIMIN dan E. KARMAWATI. 2012. Pengaruh minyak bungkil biji jarak pagar terhadap mortalitas dan penetiran *Helicoverpa armigera* Hubner. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. 18(2): 54-59.